

Variabilidad en la composición y procedencia de las areniscas turbidíticas del Grupo Hecho (Pirineo Sur-Central)

M. A. Caja¹, R. Marfil², D. Garcia³, E. Remacha⁴ y P. Pérez Fortes²

1 Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona. miguelangel.caja@ub.edu

2 Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad C.C. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, avda. Jose Antonio Novais s/n, 28040 Madrid, Spain. marfil@geo.ucm.es

3 Centre SPIN - departement GENERIC Ecole Nationale Supérieure des Mines de St. Etienne 158 Cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne, France. garcia@emse.fr

4 Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Barcelona. eduard.remacha@uab.es

ABSTRACT

The Eocene turbidite systems of the Hecho Group (tectosedimentary units, TSU-2, 3, 4 and 5) of the Ainsa-Jaca foreland basin (South-Central Pyrenees) are characterised by spectacular outcrops and good preservation of the original field relationships between the fluvio-deltaic, shelf deposits and turbidites. The aim of this work is the petrographic characterisation of turbiditic carbonate arenites in order to unravel provenance signatures and their evolution. Ternary compositional diagrams based on carbonate grains types, allow us the recognition of a maturity trend in the Hecho Group turbidites. The lowermost turbidite system, TSU-2, presents the highest abundance in quartz grains and the lowest quantity in carbonate grains, both extra- and intra-basinal. Toward the top, in TSU-5, quartz abundance decrease and conversely carbonate grains increase. Non-carbonate rock fragments indicate the dominance of low- and medium-rank metamorphic source rocks toward the uppermost TSU-5. In addition, back scattering electron imaging on feldspar grains, confirm the presence of granites, gneisses and metamorphic rocks in the source area. Thus, the obtained results reflects the exposition and erosion of the Pyrenean crystalline basement (granites, gneisses and metamorphic rocks) and its progressive replacement as source rock by carbonate rocks from the thrust-folds belt, due to tectonism evolution and sea-level variations.

Key words: composition, provenance, turbidites, South-Central Pyrenees.

INTRODUCCIÓN Y ENCUADRE GEOLÓGICO

Los depósitos sedimentarios marinos profundos, antiguos y actuales, han sido objeto de estudio durante las dos pasadas décadas, debido a su interés económico y a su importancia paleogeográfica. El interés de las compañías de exploración y producción de hidrocarburos se ha ido incrementado hacia los ambientes profundos, dominados principalmente por depósitos turbidíticos (Pettingill, 2000). En este trabajo se ha estudiado la composición de las areniscas carbonáticas del Grupo Hecho mediante el análisis petrográfico, con el objeto de interpretar su procedencia, su evolución y señalar las variaciones existentes entre los diferentes sistemas turbidíticos.

El área de estudio está situada en el Pirineo Sur-Central (Huesca), donde se encuentra la Cuenca de Ainsa-Jaca (Fig. 1A). Se trata de una cuenca de "foreland", rellena por sedimentos del Eoceno inferior y medio, donde destaca la calidad de los afloramientos debido a que se han preservado las relaciones originales entre depósitos fluvio-deltaicos, de plataforma y turbidíticos (Remacha *et al.*, 2005). Esta cuenca se originó como consecuencia de la migración hacia el Sur de

un cinturón de pliegues y cabalgamientos. En trabajos anteriores (Fontana *et al.*, 1989 y Marchi *et al.*, 1984) se han realizado estudios de composición y procedencia en las turbiditas del Grupo Hecho, pero los recientes datos sobre la cronoestratigrafía del Grupo Hecho (Remacha *et al.*, 2005) han puesto de manifiesto la necesidad de revisar la composición y procedencia en base a esta nueva división de sus sistemas turbidíticos. Se ha realizado un muestreo de los sedimentos del Grupo Hecho que incluye varios sistemas tectosedimentarios turbidíticos (TSU-2, 3, 4 y 5), limitados por discontinuidades mayores y que pueden alcanzar una potencia máxima de 4500 m (Mutti *et al.*, 1985; Remacha y Fernández, 2003; Fig. 1B). En total se recogieron 254 areniscas de diferentes granulometrías y se realizaron análisis modales de 300 puntos, en 84 areniscas de tamaño medio, entre 0,25 y 0,5 mm con el objeto de minimizar las variaciones en la composición debidas al tamaño de grano, según el método de Gazzi-Dickinson. Los porcentajes de los diferentes componentes se refieren al volumen de roca total. Los distintos tipos de fragmentos de roca no carbonáticos, principalmente metamórficos, se han descrito según los criterios

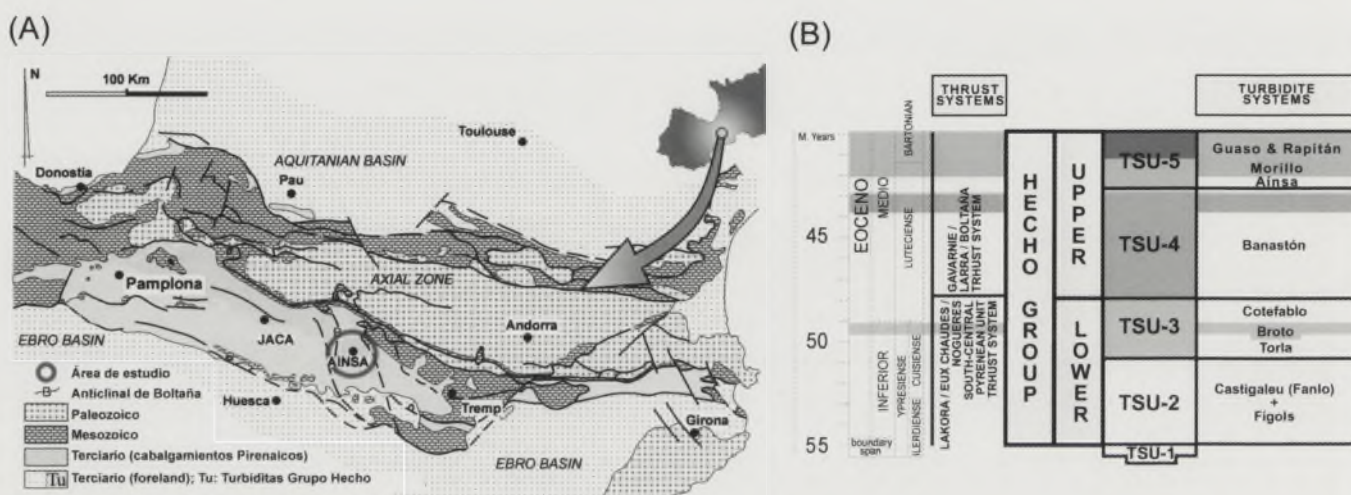


FIGURA 1. (A) Mapa geológico simplificado del Pirineo donde se ha señalado la situación del área de estudio (Ainsa-Jaca) y los sistemas turbidíticos Eocenos del Grupo Hecho (Tu). (B) Columna cronoestratigráfica esquemática para los sistemas turbidíticos estudiados del Grupo Hecho (ambas modificadas de Remacha et al., 2005).

de Garzanti y Vezzoli (2003). El tipo de feldespatos y su microtextura se ha estudiado mediante electrones retrodispersados (BSE) con el objetivo de interpretar su origen siguiendo los criterios de Parsons *et al.* (2005).

RESULTADOS

Composición de las areniscas

Las areniscas (*sensu* Zuffa, 1980) del TSU-2 (Figols), NCE₈₀ CE₁₇ CI₃ (n = 6; "No Carbonáticos Extracuencales" (NCE), "Carbonáticos Extracuencales" (CE) y "Carbonáticos Intracuencales" (CI); Fig. 2), se caracterizan por una mayor abundancia relativa de granos siliciclásticos respecto a granos carbonáticos, siendo los de tipo intracuenal muy escasos. Destaca su abundancia en cuarzo monocristalino, desde 30,3% hasta 67,7% (media 50,1%), en ocasiones presentan un aspecto euhedral bipiramidado con inclusiones de sales? En menor medida aparece cuarzo policristalino de 2-3 individuos, desde 2,7% hasta 14,7% (media 7,2%), granos de calizas micríticas, desde 3% hasta 10,7% (media 6,6%) y bioclastos, hasta 7,6% (media 2,2%).

Las areniscas del TSU-3 (sistemas turbidíticos de Torla, Broto y Coteablo) tienen una composición media de NCE₆₄ CE₃₂ CI₄ (n = 29), TSU-4 (Banastón 1 a 5), NCE₆₀ CE₃₁ CI₉ (n = 25) y TSU-5 (Ainsa, Morillo, Guaso y Rapitán), NCE₄₈ CE₃₁ CI₂₁ (n = 24). En general, todas ellas se caracterizan por una mayor abundancia de granos carbonáticos extracuencales (CE) e intracuencales (CI) (Fig. 2). En el TSU-3, las sedarenitas (mayor proporción de CE) predominan en los sistemas deposicionales de Broto 4 y 5; en el TSU-4, en el Banastón 1, 2 y 3; y en el TSU-5, en el Ainsa (Fig. 2). Estas sedarenitas se caracterizan por su abundancia en calizas micríticas (media TSU-3: 8,1%; media TSU-4: 11,1%; media TSU-5: 10,7%), cristales individuales mono-esparíticos de calcita (media TSU-3: 4,5%; media TSU-4: 8,4%; media TSU-5: 5,1%), calizas esparíticas (media TSU-3: 2,4%; media TSU-

4: 6,1%; media TSU-5: 4,3%), doloesparitas y dolomititas detríticas (media TSU-3: 2,9%; media TSU-4: 1,7%; media TSU-5: 1,6%) y los fragmentos de microcodium y calcitas columnares (media TSU-3: 2,5%; media TSU-4: 2%; media TSU-5: 0,5%). Las areniscas híbridas (*sensu* Zuffa, 1980; mayor proporción de CI) dominan sobre las sedarenitas en el TSU-3, en los sistemas deposicionales de Torla, Broto 6 y Coteablo; en el TSU-4, en el Banastón 4 y 5; y en el TSU-5, en el Morillo, Guaso y Rapitán (Fig. 2). En ellas destaca su contenido en bioclastos, principalmente foraminíferos del Eoceno (facies de tipo foramol), otros bioclastos (media TSU-3: 5,7%; media TSU-4: 2,1%; media TSU-5: 3,9%), los

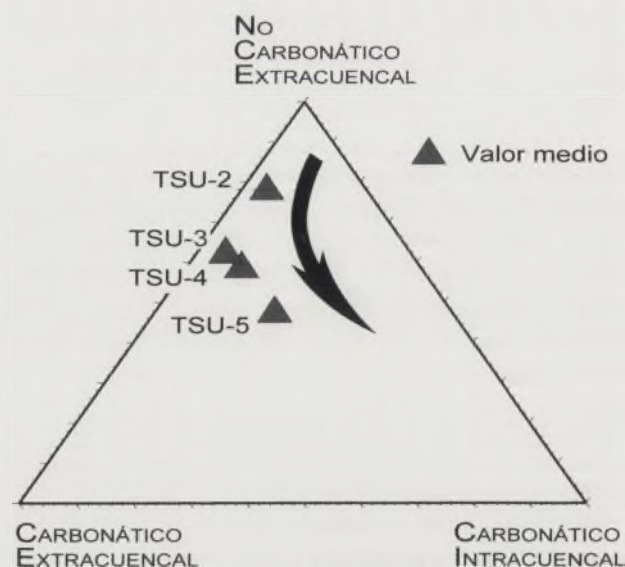


FIGURA 2. Diagrama triangular NCE ("No Carbonáticos Extracuencales"), CE ("Carbonáticos Extracuencales"), CI ("Carbonáticos Intracuencales") con los valores medios de cada sistema turbidítico del Grupo Hecho. Se observa una disminución progresiva de madurez composicional en las areniscas desde el TSU-2 al TSU-5.

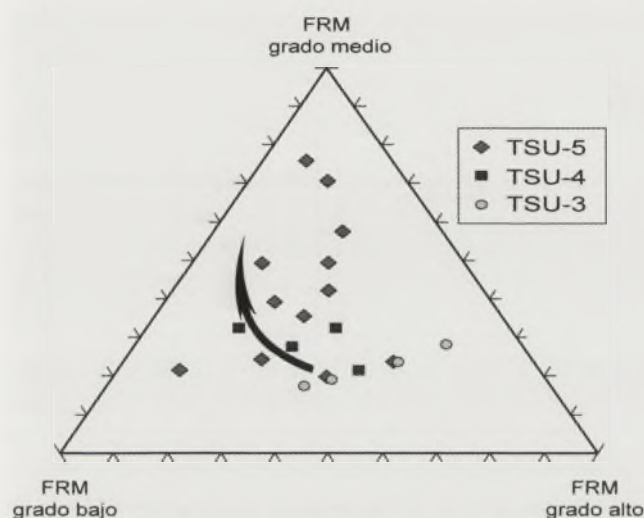


FIGURA 3. Diagrama triangular de los tipos de fragmentos de roca metamórfica (FRM; grado bajo, medio y alto). Nótese el aumento relativo en fragmentos de bajo y medio grado hacia TSU-5.

intraclastos (media TSU-4: 12,3%; media TSU-5: 13,2%) y los peloides (media TSU-5: 0,1%).

Fragmentos de roca no carbonáticos y tipos de feldespatos

Entre los componentes NCE mayoritarios, se observa que hay un aumento de fragmentos de roca metamórfica de grado bajo y medio, principalmente metacuarcitas, esquistos y metapelitas-metaarenitas, desde TSU-3 a TSU-5 (Fig. 3). Los fragmentos de roca plutónica y volcánica son escasos en todas las unidades (<1%), siendo los de roca volcánica ligeramente más frecuentes en el TSU-5 (Jaca). Y los fragmentos de roca sedimentaria, de tipo areniscas, lutitas, pizarras sedimentarias y chert, son más abundantes en los sistemas turbidílicos TSU-3 y 4. Respecto a los tipos de feldespatos, se ha observado que tanto el feldespato-K como la plagioclasa son más abundantes en el TSU-3 (fto-K, media 1,2%; plag., media 5,8%) y en el TSU-4 (fto-K, media 0,7%; plag., media 6,2%). Los feldespatos-K mediante BSE muestran crecimientos peritéticos en parches, con formas lenticulares, ligeramente estiradas, con forma de "llama", perititas muy finas y en ocasiones con formas irregulares.

DISCUSIÓN

Las areniscas de los sistemas turbidílicos estudiados se caracterizan por presentar una tendencia general en su composición (Fig. 2) que refleja un mayor grado de madurez en las areniscas del TSU-2, respecto a los sistemas turbidílicos situados estratigráficamente por encima, TSU-3, 4 y 5. Estos sedimentos fueron depositados en cuencas de "foreland". De esta forma, la tendencia observada reflejaría la variación en el tiempo de la litología que está actuando como roca fuente. Estas rocas quedarían expuestas y serían erosionadas, como consecuencia del desarrollo progresivo del cinturón de pliegues y cabalgamientos asociado a la cuenca de "foreland"

(Graham *et al.*, 1986). Las principales direcciones de aporte de las reconstrucciones paleogeográficas indican que las áreas fuentes más importantes estaban localizadas en el margen SE de la cuenca (Remacha *et al.*, 2005). De esta forma, fuentes extracuencales e intracuencales estuvieron activas durante el depósito de las turbiditas del Grupo Hecho.

Las rocas fuente extracuencales no carbonáticas estaban constituidas por granitos, gneises, esquistos y rocas metamórficas de grado bajo y medio (Fig. 3), como sugieren tanto los tipos de fragmentos de roca como las texturas observadas mediante BSE en los feldespatos, según los criterios de Parsons *et al.* (2005). Estos tipos de rocas quedan representados por la exposición y erosión de las rocas cristalinas del basamento Paleozoico de la zona axial del Pirineo. Respecto a las áreas fuentes carbonáticas, los principales aportes externos a la cuenca procederían de calizas y dolomías, mayoritariamente del Cretácico, así como calizas paleokársticas (calcitas columnares y *microcodium*) que han sido frecuentemente descritas en el Paleoceno Superior. Estas rocas estarían presentes en los mantos de cabalgamiento asociados al desarrollo y evolución de la cuenca de "foreland". Los aportes de carbonatos intracuencales fueron mayoritariamente bioclastos, intraclastos y peloides, cuyo aporte estuvo influenciado por las variaciones del nivel del mar durante las etapas de alto y bajo nivel marino (Fontana *et al.*, 1989). Adicionalmente, se ha observado un aporte subordinado a partir de las margas del Triásico en facies Keuper debido a la gran abundancia en cuarzoes euédricos bipiramidados.

CONCLUSIONES

Las areniscas turbidílicas del Grupo Hecho (Eoceno, Pirineo Sur-Central) presentan una pauta composicional caracterizada por la disminución de la madurez hacia la parte superior de los sistemas turbidílicos. Esta pauta refleja el progresivo reemplazamiento, como principal área fuente, del basamento cristalino Paleozoico del Pirineo (granitos, gneises y rocas metamórficas) por rocas carbonáticas del cinturón de pliegues y cabalgamientos asociado a la cuenca de "foreland" y por los carbonatos generados en el mismo ambiente sedimentario de la cuenca, controlados por las variaciones del nivel del mar. Además, hay que tener en cuenta la influencia que pudo tener en la madurez de los sedimentos las condiciones climáticas y la evolución tectónica en las áreas fuentes.

De esta forma, el relleno de la cuenca de "foreland" estuvo influenciado por la evolución tectónica del cinturón de pliegues y cabalgamientos, por las litologías que constituyeran este cinturón (mayoritariamente de tipo carbonatado), y por las variaciones del nivel de mar que influyeron en la producción de carbonatos en la misma cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación: 01-LEC-EMA 10F de la *European Science Foundation*, REN2002-11404-E del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y del "Programa Juan de la Cierva".

REFERENCIAS

- Fontana, D., Zuffa, G.G. y Garzanti, E. (1989): The interaction of eustasy and tectonism from provenance studies of the Eocene Hecho Group Turbidite Complex (South-Central Pyrenees, Spain). *Basin Research*, 2: 223-237.
- Garzanti, E. y Vezzoli, G. (2003): A classification of metamorphic rock fragments according to composition and grade. *Journal of Sedimentary Research*, 73: 830-837.
- Graham, S.A., Tolson, R.B., Decelles, P.G., Ingersoll, R.V., Barga, E., Caldwell, M., Cavazza, W., Edwards, D.P., Follo, M.F., Handschy, J.F., Lemke, L., Moxon, I., Rice, R., Smith, G.A. y White, J. (1986): Provenance modelling as a technique for analysing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. *IAS, Spec. Publ.* 8: 425-436.
- Marchi, M., Valloni, R. y Mutti, E. (1984): The Eocene Hecho Group turbidites, South-Central Pyrenees: data on sandstone composition. *5th IAS European Regional meeting of Sedimentology*. Marsella, 267-268.
- Mutti, E., Remacha, E., Sgavetti, M., Rosell, J., Valloni, R. y Zamorano, M. (1985): Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems, South-Central Pyrenees. En: *Excursion Guidebook of the 6th IAS European Regional Meeting* (M.D. Mila y J. Rosell, Eds.). Lleida, 519-576.
- Parsons, I., Thompson, P., Lee, M.R. y Cayzer, N. (2005): Alkali Feldspar Microtextures as Provenance Indicators in Siliciclastic Rocks and Their Role in Feldspar Dissolution During Transport and Diagenesis. *Journal of Sedimentary Research*, 75: 921-942.
- Pettingill, H. (2000): Exploración y producción en turbiditas. *Boletín de Informaciones Petroleras, Repsol-YPF*, 64: 32-55.
- Remacha, E. y Fernández, L.P. (2003): High-resolution correlation patterns in the turbidite systems of the Hecho Group (South-Central Pyrenees, Spain). *Marine and Petroleum Geology*, 20: 711-726.
- Remacha, E., Fernández, L.P. y Maestro, E. (2005): The transition between sheet-like lobes and basin plain turbidites in the Hecho Group (South-central Pyrenees, Spain). *Journal of Sedimentary Research*, 75: 798-819.
- Zuffa, G.G. (1980): Hybrid arenites: their composition and classification. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50: 21-29.